



DE2921115

Patent number: DE2921115
Publication date: 1980-12-04
Inventor: KOFNIK WOLFGANG DIPL ING
Applicant: BOSCH GMBH ROBERT
Classification:
- international: **H02K3/28; H02K3/28;** (IPC1-7): H02K15/085
- european: H02K3/28
Application number: DE19792921115 19790525
Priority number(s): DE19792921115 19790525

Also published as:

 JP55157965 (A)
 FR2457590 (A1)

[Report a data error here](#)

Abstract not available for DE2921115

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑤1

Int. Cl. 3:

H 02 K 15/085

①9 **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

DEUTSCHES



PATENTAMT

DE 29 21 115 A 1

①1

Offenlegungsschrift 29 21 115

②1

Aktenzeichen:

P 29 21 115.2

②2

Anmeldetag:

25. 5. 79

④3

Offenlegungstag:

4. 12. 80

③0

Unionspriorität:

③2 ③3 ③1 —

⑤4

Bezeichnung:

Wickelverfahren für einen elektrischen Generator und danach
hergestellter Drehstromgenerator

⑦1

Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart

⑦2

Erfinder:

Kofnik, Wolfgang, Dipl.-Ing., 7307 Aichwald

DE 29 21 115 A 1

2921115

Dipl. Ing. **Peter Otto**
Patentanwalt

7033 Herrenberg (Kupplingen)
Eifelstraße 7
Telefon (0 70 32) 319 99

1421/ot/wi
18. April 1979

ROBERT BOSCH GMBH, 7000 STUTTGART 1

Patentansprüche

1. Wickelverfahren für einen elektrischen Generator, insbesondere für einen Drehstromgenerator als Lichtmaschine für fahrbare Einheiten, Kraftfahrzeuge, Bahnen u. dgl., zur Reduzierung der Strom- und Spannungswelligkeit bei gegebener Nutenzahl des feststehenden Ständerteils, in dem von einem rotierenden, drehangetriebenen Anker durch magnetische Induktion in ihrer Phase zueinander versetzte Spannungen induziert werden, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung eines i -n-pulsigen ($i = 2, 3, 4 \dots$), in der Welligkeit pro Periode reduzierten, gegebenenfalls gleichgerichteten Mehrphasensystems die Anzahl der Phaseneinzelsysteme um den Faktor i erhöht und zu jeder Phasengrundwicklung jedes Phasensystems eine zusätzliche Phasenhilfswicklung geringerer Windungsanzahl in um eine vorgegebene Nutanzahl des Ständers versetzter Position eingewickelt wird, derart, daß sich resultierende Phasenendspannungen bei jedem Phasensystem ergeben, die zu den Phasenendspannungen des oder der anderen Phasensysteme symmetrisch in der Phase versetzt sind.

030049/0230

1421/ot/wi
18. April 1979

- 2 -

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß einander zugeordnete Phasengrundwicklungen jedes Phasensystems dadurch die gleiche Phasenlage aufweisen, daß sie in die gleichen Nuten des Ständers gewickelt werden und daß die Phasenhilfswicklung zur zugeordneten Phasengrundwicklung rücklaufend eingewickelt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung einer 12-pulsigen, gleichgerichteten Ausgangsspannung pro Periode bei einem Dreiphasen-Drehstromgenerator die Bewicklung des Ständers in der Form von zwei zueinander getrennten Wicklungssystemen ausgeführt wird, wobei die Phasenwicklungen jedes Systems aus einer Phasengrundwicklung und einer Phasenhilfswicklung bestehen, die zueinander in um 120° versetzte Nuten angebracht sind und ein Windungsverhältnis von 1:3 aufweisen derart, daß sich zugeordnete Phasenendspannungen der beiden unabhängigen Wicklungssysteme zueinander um je 60° in der Phase unterscheiden.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß parallele Wicklungsteile gleichzeitig gewickelt werden.
5. Elektrischer Generator, vorzugsweise Drehstromgenerator als Lichtmaschine für fahrbare Einheiten, Kraftfahrzeuge, Bahnen u. dgl., mit einem stationären, die Phasenwicklungen aufweisenden Ständer und einem drehangetriebenen Anker, der in der Ständerwicklung die Phasenspannungen induziert, dadurch gekennzeichnet, daß zur Reduzierung der Strom- und Spannungswelligkeit bei gegebener Nutenzahl des Ständers in diesem mindestens zwei getrennte Wicklungssysteme (1, 2) eingewickelt werden, wobei jede

030049/0230

1421/ot/wi
18. April 1979

- 3 -

Phasenwicklung jedes Wicklungssystems aus einer Phasengrundwicklung (X1U1, Y1V1, Z1W1; X2U2, Y2V2, Z2W2) sowie einer zusätzlichen Phasenhilfswicklung (U1'X1', V1'Y1', W1'Z1'; U2'X2', V2'Y2', W2'Z2') besteht, die zur Erzielung einer relativen Phasenverschiebung der jeweiligen, einander zugeordneten Phasenendspannungen vorgesehen sind.

6. Generator nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß die von den Enden der Phasenhilfswicklungen gebildeten Ausgangsanschlüsse jedes Wicklungssystems (1, 2) getrennt herausgeführt und mit je einer Plus- und einer Minusdiode (D3, D3') zur Gleichrichtung verbunden sind.
7. Generator nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Windungszahl sowie die Phasenverschiebung der jeweiligen Phasenhilfswicklung zur jeweiligen Phasengrundwicklung so bemessen ist, daß die von den Phasenendspannungen gebildeten, die Welligkeit der gleichgerichteten Ausgangsspannung ausmachenden Spannungsüberhöhungen pro Periode zueinander in einem symmetrischen Abstand verlaufen.
8. Generator nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß zur Erzielung einer 12-pulsigen gleichgerichteten Ausgangsspannung pro Periode zwei getrennte Wicklungssysteme (1, 2) vorgesehen sind mit je drei Phasengrundwicklungen (X1U1, Y1V1, Z1W1; X2U2, Y2V2, Z2W2) und drei zu diesen um je 30° in der Phase versetzten und ein Windungsverhältnis von 1:3 aufweisenden, mit den Enden der Phasengrundwicklungen unmittelbar verbundenen Phasenhilfswicklungen (U1'X1', V1'Y1', W1'Z1';

030049/0230

1421/ot/w1
18. April 1979

- 4 -

$U_2'X_2', V_2'Y_2', W_2'Z_2')$.

9. Generator nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Phasenhilfswicklung rücklaufend und um einen Nutabstand versetzt zur jeweils zugeordneten Phasengrundwicklung in den Ständer eingewickelt ist.

2921115

Dipl. Ing. **Peter Otto**
Patentanwalt

5

7033 Herrenberg (Kupplingen)
Eifelstraße 7
Telefon (0 70 32) 31999

1421/ot/wi
18. April 1979

ROBERT BOSCH GMBH, 7000 STUTTGART 1

Wickelverfahren für einen elektrischen Generator
und danach hergestellter Drehstromgenerator

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Wickelverfahren für einen elektrischen Generator und von einem nach diesem Wickelverfahren hergestellten Drehstromgenerator nach der Gattung des sich auf das Verfahren beziehenden Hauptanspruchs bzw. des ersten sich auf den Generator beziehenden Vorrichtungsanspruchs.

Elektrische Generatoren und Verfahren zur Anordnung der Wicklungen bei diesen, mit Bezug auf die vorliegende Erfindung der Anordnungen der Ständerwicklungen, sind in vielfacher Form

030049/0230

1421/ot/wi
18. April 1979

- 2 -
6

bekannt.

So ist es beispielsweise bei Drehstromgeneratoren, die als Lichtmaschinen bei Kraftfahrzeugen oder sonstigen beweglichen Einheiten eingesetzt werden, üblich, einen stationären Ständer mit den, das jeweilige Mehrphasensystem bildenden Wicklungen zu bewickeln und einen rotierenden Anker vorzusehen, der über eine Erregerwicklung und eine entsprechende Anzahl von magnetische Pole bildenden Anordnungen verfügt, so daß in der Ständerwicklung eine entsprechende Mehrphasenspannung induziert werden kann. Die Erregerwicklung kann dabei stationär oder mit dem Anker rotierend ausgebildet sein, wobei sie in diesem letzteren Fall den Erregerstrom über Schleifringe zugeführt erhält.

Bezogen auf die üblichen Baugrößen von Drehstromgeneratoren bei Kraftfahrzeugen etwa verfügen diese aus praktischen Erwägungen über üblicherweise 36 Nuten, in die drei, jeweils zueinander um 120 elektrische Grad versetzte Wicklungen eingesetzt sind, so daß sich, je nach der Verschaltung der Wicklungen ein Dreiphasensystem in Dreieck- oder Sternschaltung ergibt.

Da bei Kraftfahrzeugen zur Stabilisierung des Bordnetzes und zur Energiespeicherung üblicherweise ein Akkumulator vorgesehen ist, sind Bordnetze durchgehend Gleichstromnetze, so daß die von dem Drehstromgenerator gelieferte, dreiphasige Wechselspannung gleichgerichtet werden muß, was üblicherweise mit Hilfe einer Brückengleichrichterschaltung geschieht, die über mindestens drei Plushauptdioden und über drei Minus-hauptdioden verfügt. Hinzu kommen dann noch drei Erregerdioden, die der Feld- oder Erregerwicklung des so gebildeten

1421/ot/wi
18. April 1979

- 2 -

7

Drehstromgenerators den üblicherweise von einem Regler belastungsabhängig geregelten Erregerstrom zuführen.

Dabei ist es auch bekannt, bei größeren Lichtmaschinen mit hoher Stromleistung jeweils zwei Dioden parallel zu schalten, so daß dann jede Phasenspannung über zwei Plusdioden und zwei Minusdioden verfügt und insgesamt zwölf Dioden vorgesehen sind. Unabhängig davon, ob nun sechs oder bei höherer Strombelastung zwölf Dioden verwendet werden, stets ergibt sich als gleichgerichtete Ausgangsgesamtspannung an den zusammengefaßten Kathoden sämtlicher Plusdioden (Kfz.-Klemme B+) - die Anoden und Minusdioden sind ebenfalls zusammengeschaltet und bilden den Minusanschluß (Kfz.-Klemme B-) bzw. Masse - eine Spannung und ein entsprechender Strom mit einer erheblichen Welligkeit, da man, bezogen auf eine Schwingung beispielsweise einer Phasenspannung (2π), wie ohne weiteres einzusehen ist, insgesamt sechs Spannungsimpulse erhält, also insgesamt eine sechspulsige Ausgangsspannung erreicht wird. Dabei kann sich die Spannungswelligkeit bei üblichen 12 V Gleichstrombordnetzen auf $U_{SS} = 4$ V belaufen.

Diese starke Welligkeit in üblichen Bordnetzen ist für eine gute Batterieladung und spannungsempfindliche Verbraucher abträglich; außerdem ist der Wirkungsgrad des Generators wegen der auftretenden Eisenverluste nicht optimal.

Andererseits ist aber die Anzahl der im ringförmigen Ständer angeordneten Nuten aus praktischen Erwägungen heraus, beispielsweise aus Festigkeitsgründen, vorgegebenen Abmessungen u. dgl. nicht zu vergrößern, wobei bei Beibehaltung des Dreiphasen-Drehstromsystems die 6-pulsige Ausgangsspannung pro Periode im Prinzip vorgegeben ist.

030049/0230

1421/ot/wi
18. April 1979

- 4 -
8

Es besteht Bedarf nach einem Wickelverfahren und einem danach hergestellten elektrischen Drehstromgenerator, insbesondere für den Kraftfahrzeugbereich, dessen gleichgerichtete Ausgangsspannung bei wesentlich geringerer Spannungswelligkeit einen höheren arithmetischen Mittelwert besitzt.

Vorteile der Erfindung

Das erfindungsgemäße Wickelverfahren sowie der erfindungsgemäße Drehstromgenerator, jeweils mit den kennzeichnenden Merkmalen des ersten Verfahrensanspruchs bzw. des ersten Vorrichtungsanspruchs haben demgegenüber den Vorteil, daß sowohl die Spannungs- als auch die Stromwelligkeit mit nur vergleichsweise sehr geringem Mehraufwand drastisch reduziert werden kann, so daß ^{sich} eine erheblich ruhigere und im arithmetischen Mittelwert größere Gleichspannung ergibt, wobei der bei Einsatz vorliegender Erfindung größere Aufwand an gleichrichtenden Dioden unproblematisch ist, da durch die ohnehin vorhandenen, sonst parallel geschalteten Dioden, abgesehen von drei zusätzlichen Erregerdioden, kein echter Diodenmehrbedarf vorhanden ist.

Von besonderem Vorteil ist, daß sich bei einem nur ganz geringen, unter 10 % liegenden Mehraufwand ^{der Wicklung} für einen erfindungsgemäßen Drehstromgenerator die Welligkeit von Strom und Spannung um ca. 80 % verringern lassen, wodurch sich infolge dieser sehr geringen, verbleibenden Welligkeit eine erheblich bessere Batterieladung ergibt, da während sehr viel größerer Zeiträume pro Periode der arithmetische Mittelwert der vom Drehstromgenerator nach Gleichrichtung gelieferten Gleichspannung über der Batterienennspannung liegt, so daß eine

030049/0230

1421/ot/wi
18. April 1979

9
- 8 -

Ladung möglich ist, wenn dies erforderlich ist.

Außerdem sind spannungsempfindliche Verbraucher wesentlich geringer gefährdet.

Bei dem erfindungsgemäßen Drehstromgenerator sind keine parallel geschalteten Dioden erforderlich, so daß sich eine geringere Stromstatik des Reglers ergibt; außerdem ist die kleinere Geräuschabstrahlung wegen der sinusförmigeren Strombelagskurve von Vorteil.

Schließlich ergibt sich bei dem erfindungsgemäßen Drehstromgenerator ein besserer Wirkungsgrad wegen geringerer Eisenverluste.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen der Erfindung möglich. Besonders vorteilhaft ist, daß bei Beibehaltung der 36 Nuten im Ständerpaket und eines lediglichen Kupferaufwands von 111 %, bezogen auf den Kupferaufwand von 100 % bei einem üblichen Drehstromgenerator, jetzt eine 12-pulsige Ausgangsgleichspannung erzeugt wird, wobei 2 Dreiphasenspannungssysteme in die Ständernuten eingewickelt werden.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen die Figuren 1a und 1b den Verlauf der gleichgerichteten Ausgangsspannung eines Drehstromgenerators in der heute üblichen Ausbildung (Fig. 1a) sowie bei dem erfindungsgemäß ausgebildeten Drehstromgenerator (Fig. 1b), Fig. 2 das Wickelschema für eine resultierende Phasenspannung eines von bei dem bevorzugten Ausführungsbeispiel vorliegender Erfindung vorhandenen 2 Dreiphasensystemen, die

1421/ot/wi
18. April 1979

- 8 -
10

Figuren 3a und 3b jeweils Vektordiagramme von Dreiphasen-Spannungssystemen bei einem Ausführungsbeispiel, wenn auf eine 12-pulsige gleichgerichtete Ausgangsspannung abgestellt wird, und die Fig. 4 den Schaltplan eines erfindungsgemäßen Drehstromgenerators, ebenfalls bei einer 12-pulsigen Ausgangsspannung.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Der Grundgedanke vorliegender Erfindung besteht darin, bei einem Drehstromgenerator, der insbesondere zur Anwendung bei Kraftfahrzeugen u. dgl. für die Bordnetzversorgung geeignet ist, die Pulsanzahl pro Periode der Ausgangsspannung, wie sie sich beispielsweise nach Gleichrichtung ergibt, dadurch zu erhöhen, daß mindestens zwei, gegebenenfalls mehr im Grundprinzip zueinander unabhängige Wicklungssysteme als Ständerwicklung ausgebildet sind, wobei die einzelnen Phasenspannungen dieser Wicklungs- oder Spannungssysteme zueinander so versetzt sind, daß sich eine symmetrische Kurvenform der Restspannungswelligkeit pro Periode ergibt. Angewendet auf einen Dreiphasen-Drehstromgenerator mit 6-pulsiger Ausgangsspannung und entsprechend hoher Spannungs- und Stromwelligkeit führt die Erfindung zu einer Erhöhung der Pulsigkeit um mindestens das Doppelte, also zu einer 12-pulsigen Ausgangsspannung im gleichgerichteten System und damit zu einer Verringerung der Welligkeit von Strom und Spannung um ca. 80 %.

Die folgende Erläuterung bezieht sich ausdrücklich auf die Anwendung der erfinderischen Konzeption auf einen Dreiphasen-Drehstromgenerator zur Erzielung einer 12-pulsigen Aus-

1421/ot/wi
18. April 1979

- π -
11

gangsspannung bei Beibehaltung der als gegeben anzusehenden Nutenzahl des Ständers, also beispielsweise bei gegebenen 36 Ständernuten. Es versteht sich aber, daß die Erfindung auch auf beliebige andere Drehstromsysteme und -generatoren angewendet werden kann und auch dort die entsprechenden Vorteile bei sinngemäßer Ausführung erzielt werden können. Daher sind die folgenden Erläuterungen, die anhand der Darstellung der Figuren 1 bis 4 gegeben werden, nicht als Einschränkung, sondern als ein Ausführungsbeispiel der Erfindung beschreibend anzusehen.

Das dargestellte Ausführungsbeispiel bezieht sich auf ein 2-Wicklungssystem, also auf ein Wickelgesamtschema für die Ständerbewicklung, welches aus zwei, zunächst als voneinander unabhängig anzusehenden Dreiphasen-Spannungssystemen gebildet ist. In den Figuren 3a und 3b sind diese beiden Spannungssysteme mit 1 und mit 2 bezeichnet, wobei sofort darauf hingewiesen wird, daß Wicklungsteile, die mit dem Index 1 bzw. dem Index 2 bezeichnet sind, sich dann jeweils auf das Wicklungs- oder Spannungssystem 1 bzw. auf das Spannungssystem 2 beziehen. Die Spannungssysteme 1 und 2 sind in den Figuren 3a und 3b als in der üblichen Sternschaltung ausgebildet dargestellt; es versteht sich aber, daß die erfindungsgemäße Konzeption auch auf Dreieckschaltungen in entsprechender Weise angewendet werden kann. Es wird auch gleich darauf hingewiesen, daß das Vorhandensein von zwei Dreiphasen-Spannungssystemen 1 und 2 nicht etwa den doppelten Wicklungs- und/oder Kupferaufwand bedeutet, denn bei gleicher, von einer gegebenen Drehstromlichtmaschine abgegebenen Strommenge reduziert sich der Kupferquerschnitt jedes Dreiphasen-Wicklungssystems bei zwei vorhandenen Wicklungssystemen etwa auf die Hälfte. Insgesamt ergibt sich lediglich ein Kupferaufwand von

1421/ot/wi
18. April 1979

- 8 -
102

111 %, bezogen auf den Kupferaufwand von 100 %, der bei einer konventionellen Drehstromlichtmaschine mit 6-pulsiger Ausgangsspannung pro Periode getrieben werden muß.

Die Darstellung der Fig. 1a zeigt den Kurvenverlauf einer in einer Brückenschaltung gleichgerichteten Dreiphasenspannung, wie sie von üblichen Drehstromgeneratoren erzeugt wird, und damit auch die Welligkeit. Man erkennt, daß durch das Hochklappen auch der jeweils negativen Spannungshalbwellen bei Verwendung einer beide Halbwellen gleichrichtenden Brückenschaltung insgesamt pro Periode sechs Impulse anfallen, die die Spannungswelligkeit der gleichgerichteten Drehstromgeneratorausgangsspannung ausmachen.

Bezogen auf die Sternschaltung, von der bei vorliegendem Ausführungsbeispiel ausschließlich die Rede ist, ergibt sich bei der Ausgangsspannung eines konventionellen Drehstromgenerators ein arithmetischer Mittelwert der Gleichspannung zu

$$U_g = 2,34 \cdot U_{\text{phase}}$$

Dieser arithmetische Mittelwert sei zu $U_g = 100$ % angenommen. Es ergibt sich eine Spannungswelligkeit von etwa

$$U_{ss} = 4 \text{ V}$$

Der Kupferaufwand wird zu 100 % gesetzt.

Die Darstellung der Fig. 1b zeigt den Kurvenverlauf der mittels einer Brückenschaltung gleichgerichteten Ausgangsspannung bei erfindungsgemäßer Ausbildung eines Drehstromgenerators, bestehend aus einem neuen Wickelschema, neuer Ausbildung der

1421/ot/wi
18. April 1979

- 8 -
13

Wicklungssysteme und Verwendung von zwei Spannungssystemen zur Erzielung einer 12-pulsigen Anordnung. Man erkennt sofort, daß die Welligkeit sehr stark reduziert ist; dabei ergibt sich ein arithmetischer Mittelwert der Ausgangsgleichspannung zu

$$U_g = 2,42 \cdot U_{\text{phase}}$$

mit

$$U_g = 103,5 \%$$

Die Spannungswelligkeit beträgt bei diesem Ausführungsbeispiel lediglich noch

$$U_{ss} = 1 \text{ V}$$

Es ist schon darauf hingewiesen worden, daß sich hier ein Kupferaufwand zu 111 % bei einem resultierenden Mehraufwand von etwa 7,5 % ergibt.

Man gewinnt eine solche, hier beispielsweise 12-pulsige Ausgangsgleichspannung dadurch, daß man bei jedem der beiden hier vorgesehenen Spannungssysteme, die jeweils drei Phasen umfassen, jede Phase zerlegt in eine Phasengrundwicklung und in eine Phasenhilfswicklung, die zusätzlich vorgesehen ist, und aus diesen beiden Wicklungen eine resultierende Phasenspannung gewinnt, die bei entsprechender Ausbildung von Phasengrundwicklung zu Phasenhilfswicklung nach Betrag und Phasenverschiebung zu den jeweils entsprechenden Phasenendspannungen des anderen Dreiphasen-Spannungssystems eine Phasenverschiebung aufweist, die hier 60° beträgt, so daß man zu einer symmetrischen 12-pulsigen Ausgangsgleichspannung gelangt.

Zum besseren Verständnis vorliegender Erfindung wird zunächst

030049/0230

nur eines der Dreiphasen-Spannungssysteme genauer erläutert, nämlich das Spannungssystem 1 der Fig. 3a.

Bei der folgenden Erläuterung sind jeweils die Anfangs- und Endpunkte der in die Nuten eines gegebenen, 36-nutigen Ständers eingewickelten Wicklungen bezeichnet; die Wicklung selbst ist dann durch ihre Anfangs- und Endbezeichnungen angegeben.

Jede resultierende Phasenendspannung, wie sie sich bei den beiden Spannungssystemen 1 und 2 der Figuren 3a und 3b ergibt, bildet sich durch das Zusammenwirken von zwei Wicklungsteilen aus, nämlich, wie schon erwähnt, einer jeweiligen Phasengrundwicklung, die bei drei Phasen zueinander um 120° versetzt sind, und einer zusätzlichen Phasenhilfswicklung, die ihrerseits zu der Phasengrundwicklung nach Betrag und Phase unterschiedlich sind. Es versteht sich, daß in den Vektordarstellungen der Figuren 3a und 3b diese noch mit ωt umlaufen, was hier aber unberücksichtigt bleiben kann, denn die festen Phasenbeziehungen der Vektoren zueinander ändern sich hierdurch nicht. So wird die Phasenspannung U_u im Spannungssystem der Fig. 3a gebildet von dem Phasengrundwicklungsteil $X1U1$ sowie dem Phasenhilfswicklungsteil $U1'X1'$. Es ergibt sich je nach Betrag der in dem Phasenhilfswicklungsteil $U1'X1'$ induzierten Spannung, d.h. je nach der Anzahl der Leiter pro Nut und je nach der Winkelbeziehung des Wicklungsteils $U1'X1'$ zum Phasengrundwicklungsteil $X1U1$ der Winkel α , den die resultierende Phasenendspannung U_u zur Vertikalen, hier also zur Phasengrundwicklung $X1U1$ bzw. zu der in dieser Wicklung induzierten Spannung einschließt.

Da bei vorliegendem Ausführungsbeispiel eine Versetzung der

anfallenden Phasenendspannungen aus den beiden vorhandenen Dreiphasen-Spannungssystemen 1 und 2 bei alternativer Aufeinanderfolge von 60° angestrebt wird, ist die Phasenhilfswicklung $U1'X1'$ der Fig. 3a so anzuordnen, daß sich der Winkel α zu 30° ergibt. Damit ergibt sich dann eine Phasengesamtverschiebung beispielsweise der Phasenendspannung U_u des Spannungssystems 1 zur bezogenen Phasenendspannung U_{u2} des Spannungssystems 2 von insgesamt 60° , wenn nämlich bei diesem Spannungssystem 2 der Fig. 3b die Phasenendspannung U_{u2} im Uhrzeigersinn als hier um $\alpha=30^\circ$ zur Phasengrundwicklung bzw. der in dieser induzierten Spannung vorlaufend angesehen wird.

Man erkennt, daß sich diese Phasenverschiebung bei den jeweiligen anderen Phasenendspannungen U_v zu U_{v2} sowie U_w zu U_{w2} ebenfalls wiederholt, wenn nämlich die jeweiligen Phasenspannungen U_u , U_v , U_w zueinander um 120° versetzt sind. Die relative Verdrehung der resultierenden Phasenendspannungen des Spannungssystems 2 zu den Phasenendspannungen des Spannungssystems 1 ergibt sich, wie erkennbar, durch Phasenverschiebung und Betrag der jeweiligen Phasenhilfswicklungen in den beiden Spannungssystemen bzw. der in diesen induzierten Spannungen.

Die Fig. 2 zeigt ein mögliches Wicklungsschema für die Erzeugung einer einzigen Phasenendspannung, hier der Phasenendspannung U_u des Spannungssystems der Fig. 3a bei einem Ständer mit 36 Nuten. Es versteht sich, daß bei dem dargestellten Wickelschema lediglich eine einzige Windung der die Wicklung bildenden Drahtstäbe zum besseren Verständnis dargestellt ist. Wird beispielsweise beim Aufbau der Phasengrundwicklung $X1U1$ damit begonnen, in die Nut 1' des Ständers den

ersten Wicklungssteg einzulegen, dann setzt sich die Wicklung bei der dargestellten, bevorzugten Wellenwicklung in den Nuten 4, 7, 10 usw., wie angegeben fort, also jeweils in Nuten, in denen zur gleichen Zeit vom rotierenden Anker Spannungen der hier angenommenen Phase von 0° induziert werden. Dementsprechend werden, wie ja auch bekannt, in den Nuten 2, 5, 8, 9 Wechselspannungen mit einer Phasenverschiebung von 120° mit Bezug auf die erstgenannte Spannung induziert, während in den Nuten 3, 6, 9, 12 Spannungen mit einer Phasenverschiebung von 120° zur zweiten bzw. 240° zur dritten Spannung induziert werden, so daß sich das bekannte sternförmige Vektorbild eines Dreiphasen-Drehstromgenerators ergibt.

Angewendet auf das vorliegende Ausführungsbeispiel der Erfindung schließt sich jedoch an die erste Phasengrundwicklung $X1U1$, nachdem diese mit ihrem Ende $U1$ aus der Nut 34 austritt, sofort mit ihrem Anfang $U1'$ die zusätzliche Phasenhilfswicklung $U1'X1'$ an, die beginnend mit der Nut 36 mit rückläufigem Wicklungssinn und wie bei Dreiphasensystemen immer der Fall, zwei darauffolgende Nuten überspringend in die Ständernuten eingewickelt wird, so daß sich das Wicklungsende $X1'$ an der Nut 3 austretend ergibt. Eine solche Bewicklung der Ständernuten 1 bis 36 jeweils unter Freilassung der Nuten 2, 5, 8, 11 usw., wie aus der Darstellung der Fig. 2 erkennbar, ergibt zwischen den Anschlußpunkten $X1X1'$ die resultierende Phasenendspannung von U_u , die mit der Phasengrundwicklung $X1U1$ bzw. der in dieser induzierten Spannung einen Winkel α einschließt. Damit $\alpha = 30^\circ$ wird, was bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel voraussetzungsgemäß gewünscht ist, wird die Phasenhilfswicklung $U1'X1'$ wie erwähnt rückläufig und um 240° versetzt in die Ständernuten eingewickelt und erhält

zur Gewinnung der erforderlichen Betragsspannung ein Windungsverhältnis zur Phasengrundwicklung $X1U1$ von 1:3, was bedeutet, daß beispielsweise bei einem ausgeführten Ausführungsbeispiel die Phasengrundwicklung je 6 Leiter pro Nut aufweist, während die Phasenhilfswicklung nur über je 2 Leiter pro Nut verfügt. Dadurch ist jetzt nach Betrag und Phase der Endpunkt $X1'$ festgelegt, der auch den Winkel von 30° der resultierenden Phasenendspannung U_u zur Phasengrundspannung bestimmt.

Zur Gewinnung der weiteren Phasenendspannungen U_v und U_w zunächst des Dreiphasenspannungssystems der Fig. 3a kann dann wie bei üblichen Wickelschemata für Drehstromgeneratoren vorgegangen werden, d.h. bei normalem Wellenwicklungsaufbau wird die Phasengrundwicklung $Z1W1$ durch Einwickeln in die Nut 3 in der hinlaufenden Richtung gebildet; die dritte Wellenspule für die Phasengrundwicklung der letzten Spannungsphase beginnt dann in Nut 5. Selbstverständlich sind aber hier beliebige Wicklungsschemata möglich, insbesondere wenn man berücksichtigt, daß beim Aufbau des zweiten Spannungssystems 2 nach Fig. 3b die jeweiligen Phasengrundwicklungen zueinander parallel liegen und daher insofern auch parallel und gleichzeitig gewickelt werden können. Hierauf wird weiter unten noch eingegangen.

Wesentlich ist lediglich, daß durch entsprechende Anordnung der Phasenhilfswicklung $U2'X2'$ mit Bezug auf die Phasengrundwicklung $X2U2$ des zweiten Spannungssystems 2 und entsprechend auch der restlichen Phasenhilfswicklungen dieses zweiten Spannungssystems dafür gesorgt wird, daß die resultierenden Phasenendspannungen jedes Spannungssystems 1 und 2, die einander zugeordnet werden können, also die mit den gleichen Indizes, zueinander um 60° und zu ihren jeweili-

gen Phasengrundwicklungen im gegenläufigen Sinn jeweils um 30° versetzt sind; dann ergibt sich bei der üblichen Phasenversetzung von 120° der Phasenendspannungen zueinander notwendigerweise die 12-pulsige gewünschte Ausgangsspannung, wenn sämtliche Wicklungsendpunkte $X1'Y1'Z1'$ für das Spannungssystem 1 bzw. $X2'Z2'Y2'$ für das Spannungssystem 2 getrennt herausgeführt und jeweils mit eigenen zugeordneten Plus- und Minusdioden zur Gleichrichtung verbunden sind. Wie hierzu vorgegangen wird, zeigt der Schaltplan für eine 12-pulsige Ausgangsspannung, der in Fig. 4 dargestellt ist und dem auch entnommen werden kann, daß insgesamt als Wicklungsteile vorhanden sind zwei vollständige Sterne von Phasengrundwicklungen und zu jeder Phasengrundwicklung eine Phasenhilfswicklung, die aber in ihrer Phasenbeziehung zur Phasengrundwicklung, mit welcher sie unmittelbar verbunden ist, versetzt und daher in der räumlichen Beziehung, die die Phasenlage zueinander angibt, einer anderen Grundwicklung zugeordnet ist. Dies läßt sich besonders gut der Darstellung der Fig. 4 entnehmen. Durch das Vorhandensein der Phasenhilfswicklungen werden die von den Phasengrundwicklungen gebildeten Phasenspannungen, die im üblichen Dreiphasensystem mit U, V und W bezeichnet sind, transformiert in die resultierenden Phasenendspannungen $X1'$, $Y1'$, $Z1'$, die nach Betrag und Phase zu den aus den Phasengrundwicklungen resultierenden Spannungen unterschiedlich sind, wobei die Beträge der neuen Phasenendspannungen in beiden Spannungssystemen gleich sind, die Phasenverschiebungen aber gegenläufig.

Entsprechend dem Schaltschema der Fig. 4 wird die erste Phasenendspannung U_u ausgehend vom Sternmittelpunkt M1 gebildet durch die Phasengrundwicklung $X1U1'$, die über die

Verbindungsleitung L1 verbunden ist mit der Phasenhilfs-
wicklung U1'X1', die phasenmäßig zugeordnet ist den weite-
ren Wicklungsteilen Y1V1, Y2V2 als Phasengrundwicklungen
sowie Z2'W2' als zweite Phasenhilfswicklung. Der Anschluß .
X1' bildet, wie er auch dem Wicklungsschema der Fig. 2 ent-
nommen werden kann, einen nach außen geführten Anschluß-
punkt und ist mit den beiden Dioden D3, D3' als Plus- bzw.
Minusdiode über die Leitung L2 verbunden. Aus Gründen der
Übersichtlichkeit wird darauf verzichtet, auch die ande-
ren Verbindungen der Wicklungsteile untereinander und zu
ihren zugeordneten Dioden zu erläutern und im einzelnen
mit Bezugszeichen zu versehen; man erkennt aber, daß der
Grundaufbau sich aus dem Vektordiagramm der Figuren 3a und
3b in Verbindung mit dem Schaltplan der Fig. 4 ergibt.

Insgesamt verfügt bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel
der erfindungsgemäße Drehstromgenerator über die folgenden
Hauptwicklungsteile:

U1X1)	
V1Y1)	
W1Z1)	mit beispielsweise je sechs Leitungen/Nut
U2X2)	
V2Y2)	
W2Z2)	

Dazu ergeben sich die folgenden Hilfswicklungsteile:

U1'X1')	
V1'Y1')	
W1'Z1')	
U2'X2')	mit beispielsweise je zwei Leitungen/Nut
V2'Y2')	
W2'Z2')	

Außerdem liegen, wie weiter vorn schon gelegentlich erwähnt, die durch einen Verbindungsbogen gekennzeichneten Wicklungsteile parallel zueinander und können daher auch parallel gewickelt werden.

Da die Verbindungsbögen lediglich die parallelen Wicklungsteile einmal der Phasengrundwicklungen und zum anderen der Phasenhilfswicklungen getrennt angeben, läßt sich dem Ausführungsbeispiel der Fig. 4 noch entnehmen, daß zu den parallelen Hauptwicklungsteilen $X1U1$ sowie $X2U2$ auch noch die Hilfswicklungsteile $Y2'V2'$ sowie $Z1'W1'$ parallel liegen, so daß sich auch hier noch Möglichkeiten von parallelen, gleichzeitigen Wicklungsausführungen ergeben.

Es ist weiter vorn schon erwähnt worden, daß bei größeren Lichtmaschinen ohnehin jede der beispielsweise sechs vorhandenen Hauptdioden (3 Plus- und 3 Minusdioden) aus zwei parallel geschalteten Dioden gebildet ist, so daß sich insgesamt 12 Dioden für die Gleichrichterbrücke ergeben. Daher vergrößert sich der Aufwand für die Dioden bei dem Einsatz vorliegender Erfindung nicht, bei der ebenfalls 12 Dioden für die Gleichrichtung, hier allerdings zur Bildung einer 12-pulsigen gleichrichtenden Ausgangsspannung pro Periode, vorgesehen sind.

Zur Gewinnung einer entsprechend 12-pulsigen Erregerstromkurve mit der gleichen vorteilhaften geringen Spannungswelligkeit sind bei dem dargestellten Ausführungsbeispiel sechs Erregerdioden D_E vorgesehen, die den Klemmenanschluß $D+$ bilden, der zur Feldwicklung oder Erregerwicklung W_F und zum Regler R_L führt. Der Reglerausgangsanschluß ist wie üblich mit D_F bezeichnet.

Bei einem nach der Konzeption vorliegender Erfindung aufgebauten Drehstromgenerator ergab sich eine Einschalt-drehzahl von $\text{ca. } 1000 \text{ min}^{-1}$ bei einem Nennstrom von etwa 80 Amp bei 6000 min^{-1} ; die angestrebte 12-pulsige Welligkeit pro Periode ergab sich über den gesamten Drehzahlbereich.

Alle in der Beschreibung, den nachfolgenden Ansprüchen und der Zeichnung dargestellten neuen Merkmale können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination miteinander erfindungswesentlich sein.

2921115

Dipl. Ing. **Peter Otto**
Patentanwalt

- 22 -

7033 Herrenberg (Kuppingen)
Eifelstraße 7
Telefon (0 70 32) 31999

1421/ot/wi

18. April 1979

ROBERT BOSCH GMBH, 7000 STUTTGART 1

Wickelverfahren für einen elektrischen Generator
und danach hergestellter Drehstromgenerator

Zusammenfassung

Es werden ein Wickelverfahren für einen elektrischen Generator sowie ein elektrischer Generator vorgeschlagen, die eine wesentlich geringere Welligkeit von Strom und Spannung aufweisen. Der Generator dient hauptsächlich als Lichtmaschine für Kraftfahrzeuge u. dgl. und verfügt über mindestens zwei getrennte, im feststehenden Ständer eingewickelte Wicklungssysteme, wobei jede Phasenwicklung jedes Systems aus zwei Wicklungsteilen gebildet ist und einer der Wicklungsteile so mit Bezug auf den anderen in der Phase versetzt und im Betrag der in ihm induzierten Spannung bemessen ist, daß die jeweils einander zugeordneten, resultierenden Phasenendspannungen jedes der Wicklungssysteme zueinander symmetrisch in der Phase versetzt sind. Hierdurch ergibt sich, bei insgesamt sechs Ausgangsanschlüssen, die mit gleichrichtenden Dioden für jede Polarität verbunden sind, eine 12-pulsige Ausgangsspannung pro Periode.

030049/0230

- 25 -
2921115

Nummer: 29 21 115
Int. Cl.²: H 02 K 15/085
Anmeldetag: 25. Mai 1979
Offenlegungstag: 4. Dezember 1980

Fig. 1a

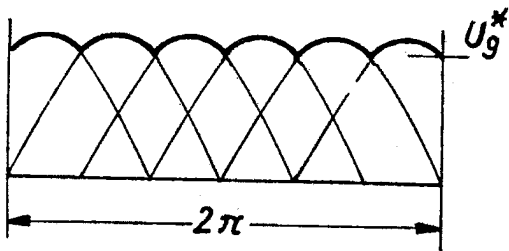


Fig. 1b

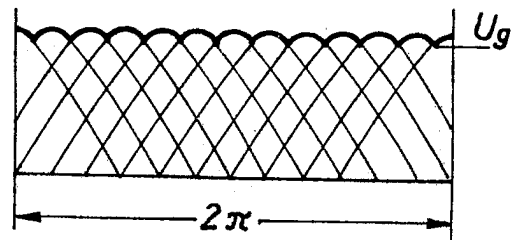


Fig. 3a

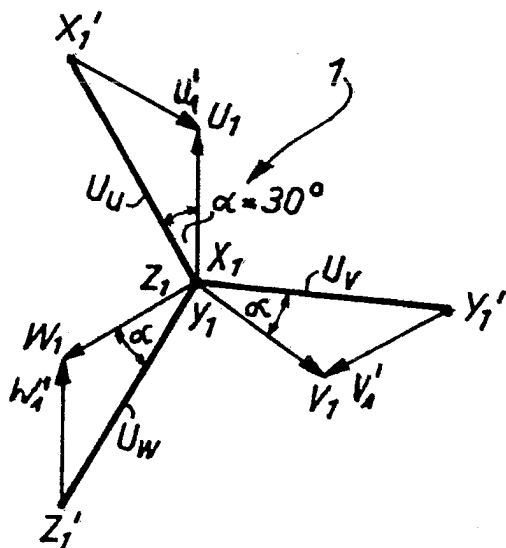
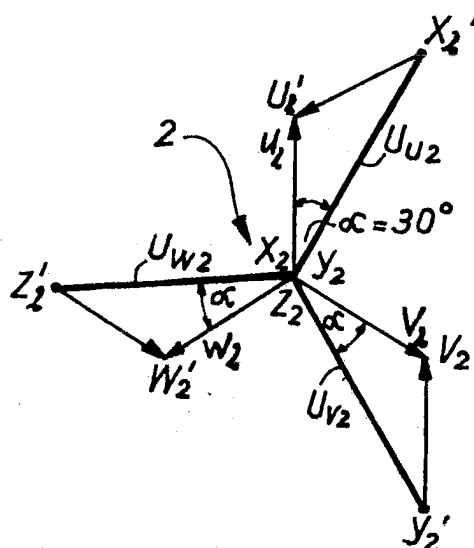
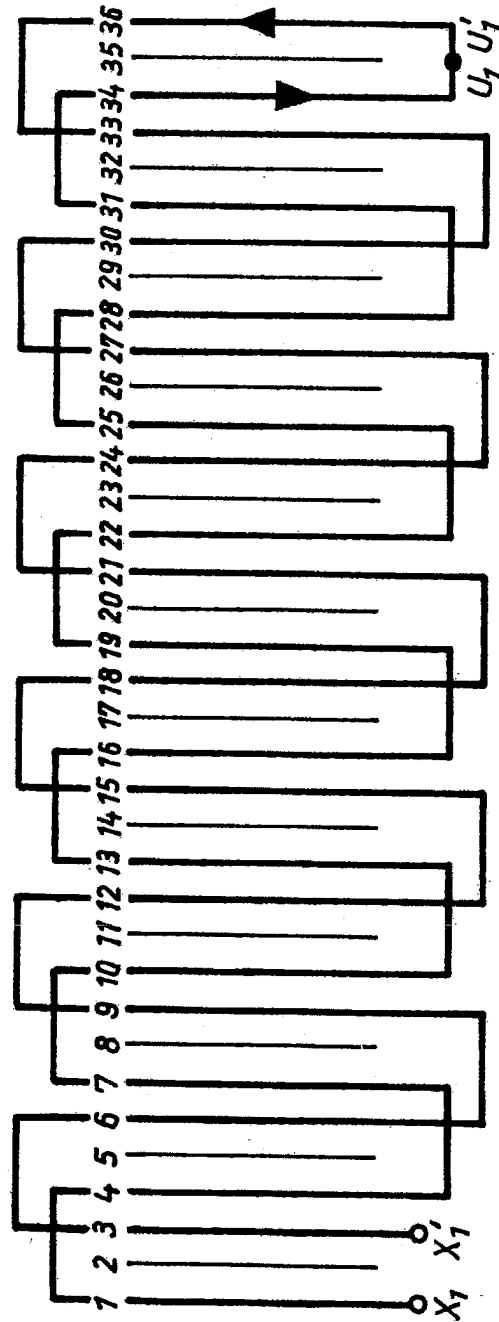


Fig. 3b



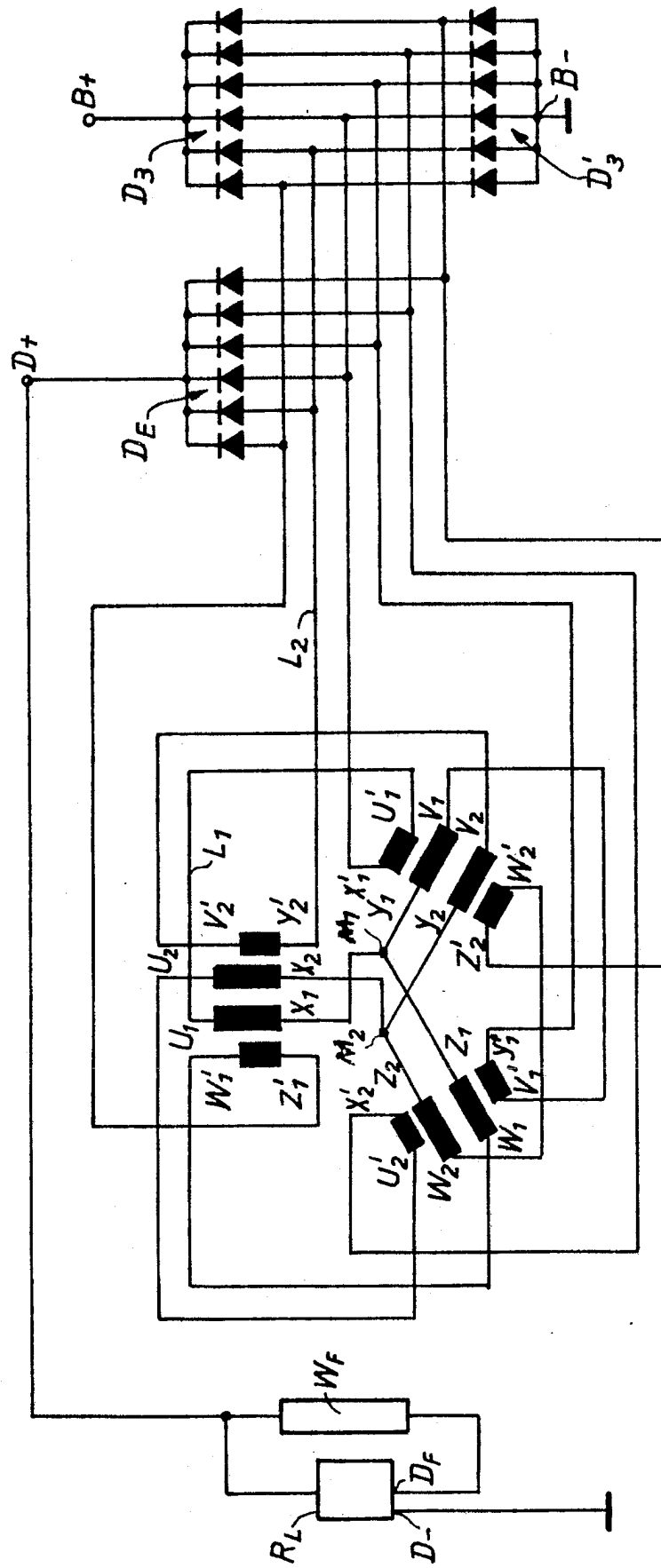
030049/0230

Fig. 2



030049/0230

Fig. 4



030049/0230